

S/N: TBA

3/15/2004 Docket No.: KAW-318-USAP

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Serial No.: TO BE ASSIGNED Confirmation No.: TO BE ASSIGNED
Applicant: Takashi ITO et al. Art Unit: TO BE ASSIGNED
Filed: March 15, 2004 Examiner: TO BE ASSIGNED
Docket No: KAW-318-USAP Customer No: 28892
For: Optical Device Molding Die Designing Method

PRIORITY DOCUMENT TRANSMITTAL

Assistant Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 CFR 1.55 and the requirements of 35 U.S.C. 119, attached hereto is a certified copy of the priority document, **Japanese Patent Application No. 2003-092651, filed on March 28, 2003.**

It is respectfully requested that applicant be granted the benefit of the filing date of the foreign application and that receipt of this priority document be acknowledged in due course.

Respectfully submitted,



Ronald R. Snider
Reg. No. 24,962

Date: March 15, 2004

Snider & Associates
Ronald R. Snider
P.O. Box 27613
Washington, D.C. 20038-7613
(202) 347-2600

RRS/jt

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月28日
Date of Application:

出願番号 特願2003-092651
Application Number:

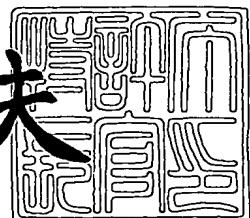
[ST. 10/C] : [JP2003-092651]

出願人 富士写真光機株式会社
Applicant(s):

2004年 2月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 FK1017

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B29C 43/36

B29C 45/26

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 伊藤 敬志

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 村上 正幸

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地 富士写真光機株式会社内

【氏名】 北原 有

【特許出願人】

【識別番号】 000005430

【氏名又は名称】 富士写真光機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097984

【弁理士】

【氏名又は名称】 川野 宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041597

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子成形型設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の光学パラメータを用い、所望の波面収差となるように形状を最適化された所望形状の光学素子を成形する成形型の設計方法において、まず、前記最適化された光学素子の形状に基づき該光学素子を成形する仮の成形型の設計、製作を行い、

次に、該仮の成形型を用いて第1の仮の光学素子を成形し、該成形された該第1の仮の光学素子の波面収差を測定し、該波面収差が相殺されるような補正波面収差を算出し、少なくとも前記複数の光学パラメータを用いて、該補正波面収差を有するよう

に形状を最適化する第2の仮の光学素子の設計を行い、

この後、該最適化された第2の仮の光学素子の形状に基づき、正規の光学素子を成形する正規の成形型の設計を行うことを特徴とする光学素子成形型設計方法。

【請求項 2】 前記正規の成形型を用いて前記正規の光学素子を成形し、該成形された該正規の光学素子の波面収差を測定し、該波面収差の値が所定の基準値より大きい場合には、前記補正波面収差を再算出し、該補正波面収差の値が該基準値以内となるまで、以後の処理を繰り返し行うことを特徴とする請求項1記載の光学素子成形型設計方法。

【請求項 3】 前記波面収差および前記補正波面収差の測定は、透過波面測定用の干渉計装置を用いて行うことを特徴とする請求項1または2記載の光学素子成形型設計方法。

【請求項 4】 前記光学素子の少なくとも1面が非球面とされていることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の光学素子成形型設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学素子成形型設計方法に関し、詳しくは、多数の光学パラメータ

を用いて形状設計する必要のある光学素子を成形するための成形型の設計方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、所望の光学素子を得るために、多くのパラメータを駆使して所望のターゲット値となるように最適化処理を行う種々の光学設計手法が開発されているが、いかに厳密に光学設計されようと、光学素子の成形型により良好な成形が行われなければ所望の光学素子を得ることは困難である。

【0003】

しかし、成形後の冷却期間における熱収縮のため、一般には、成形型の形状と、成形型により成形された光学素子の形状は一致しない。そして、このような形状の不一致は、単に相似形状としての不一致であれば図4に示すように所望の成形品を比例拡大した光面金型形状を設計値とすればよいが、成形時のガラス材料内部の温度分布の不均一性や成形品各部の厚みの違い等に起因して例えば図5に示すように成形品各部で熱収縮量が異なった形状となる場合も多い。

【0004】

そこで、従来より、成形により得られた光学素子の面形状を測定し、その測定データに基づいて成形による形状の変化を予測し、成形型の補正を行いながら成形型の形状を最適化していく手法がとられていた。すなわち、図6に示すように、①光学性能が良好となるように光学設計を行い、②この光学設計値に基づいて仮金型製作および光学素子の仮成形を行い、③仮成形された光学素子を測定して、光学性能の基準値からのズレを算出し、④算出されたズレ量に基づき、そのズレ量を見込んだ形状に成形型を補正し、⑤この補正された成形型により本成形を行い、⑥本成形による光学素子の光学性能を確認する、という手法がとられていた。

【0005】

下記特許文献1に記載された従来技術もこのような手法を前提とし、これに改良を加えたものである。すなわち、一旦成形した暫定レンズの光学特性を測定し、その測定値の基準値からのズレ量を、予め求めておいたテーブルと照らし合わ

せて、成形型の調整量を決定し、この調整量に基づいて最終的な成形型（正規金型）を設計するようにしたものである。

【0006】

【特許文献1】 特開2002-96344

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1に記載された従来技術においては、暫定レンズの光学特性測定値の基準値からのズレ量を、予め求めておいたテーブルに基づいて成形型の調整量を決定するようになっているため、予期し得ない収差に対しても対応することができない。

【0008】

また、上記特許文献1記載のようなテーブルによっては、入力し得るパラメータ値が限られるため、特に高次の非球面形状や自由曲面形状等の数多くのパラメータが要求される場合に、これら数多くのパラメータに対して同時に対応することは困難であり、また、たとえ複数のテーブルを備えるようにしたとしても、相互に関連して変化するパラメータに応じて最適な調整量を得ることは極めて困難であり、その結果最終的に得られる成形型は、必ずしも収差を良好に補正し得る光学素子を得ることができるものとはなっていなかった。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みなされたもので、予期し得ない収差の発生に対しても良好に対応可能であって、収差を良好に補正し得る光学素子を得ることが可能な成形型を設計し得る光学素子成形型設計方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の光学素子成形型設計方法は、複数の光学パラメータを用い、所望の波面収差となるように形状を最適化された所望形状の光学素子を成形する成形型の設計方法において、

まず、前記最適化された光学素子の形状に基づき該光学素子を成形する仮の成

形型の設計、製作を行い、

次に、該仮の成形型を用いて第1の仮の光学素子を成形し、

該成形された該第1の仮の光学素子の波面収差を測定し、

該波面収差が相殺されるような補正波面収差を算出し、

少なくとも前記複数の光学パラメータを用いて、該補正波面収差を有するよう
に形状を最適化する第2の仮の光学素子の設計を行い、

この後、該最適化された第2の仮の光学素子の形状に基づき、正規の光学素子
を成形する正規の成形型の設計を行うことを特徴とするものである。

【0011】

また、この場合、前記正規の成形型を用いて前記正規の光学素子を成形し、

該成形された該正規の光学素子の波面収差を測定し、

該波面収差の値が所定の基準値より大きい場合には、前記補正波面収差を再算
出し、該補正波面収差の値が該基準値以内となるまで、以後の処理を繰り返し行
うことが可能である。

【0012】

さらに、前記波面収差および前記補正波面収差は、透過波面測定用の干渉計裝
置を用いて測定することが好ましい。

【0013】

また、本発明の光学素子成形型設計方法は、前記光学素子の少なくとも1面が
非球面とされている場合等において特に有用である。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る光学素子成形型設計方法について、図面を用い
て説明する。なお、本実施形態においては、光ピックアップ対物レンズ用の両面
非球面単レンズを成形する成形金型を設計する方法を例にとって説明する。

図1は、本実施形態方法を説明するための模式的な工程図であり、以下、①～
⑦の各工程（ステップ）について順に説明する。

【0015】

①第1ステップ

波面収差量が所望の収差量、例えば0となるように形状を最適化することで所望の非球面レンズについての光学設計を行う。

ここでいう光学設計とは、多数の光学パラメータに基づき、所望のレンズ特性（ターゲット）を得る作業のことを指称するものであり、このような光学パラメータが存在するパラメータ空間から、このようなターゲットが存在するターゲット空間への写像を取り扱うものである。なお、一般にパラメータとしては、屈折面の中心曲率、面間隔、ガラスの種類、その他があり、また、一般にターゲットとしては、近軸追跡値、光線追跡値、形状、その他がある。

【0016】

本実施形態の光学設計においては、波面収差量が0となるように形状を最適化した、下記数式（1）に示す非球面式で表される非球面形状（両面）を有するレンズを得ることを目的としているので、光学パラメータは少なくとも、各面についての下記非球面式の要素C、k、 A_{2i} ($i=2 \sim 5$) およびレンズの厚さということになり、少なくとも合計で13個の光学パラメータが存在する。

【0017】

【数1】

$$Z = \frac{C}{1 + \sqrt{1 - kC^2 Y^2}} Y^2 + \sum_{i=2}^5 A_{2i} Y^{2i}$$

ここで、

Z : 深さ

Y : 光軸からの高さ

k : 離心率

C : 曲率

【0018】

②第2ステップ

第1ステップにおいて光学設計された非球面レンズを得る仮金型1を設計、製作し、この仮金型1によって非球面レンズの仮成形を行い、仮のレンズ2を得る。

この仮のレンズ2は、成形時の熱収縮等により仮金型1の形状とは異なったものとなっており、通常、波面収差量が0とはなっていない。

【0019】

③第3ステップ

仮成形により得られた仮のレンズ2の透過波面を干渉計により測定し、該波面の基準値からのズレ量（波面収差量（ Δ ））を算出する。この波面収差量（ Δ ）は、③の干渉縞画像に示されるように、干渉縞の直線性からのズレ等により判断する。

この波面収差量（ Δ ）が所定の基準値以内となっていれば、上記仮金型1を正規金型とすればよいが、高い光学性能が要求される非球面レンズ等においては、上記所定の基準値が極めて小さい値に設定されることになるので、通常下記の各ステップを順次行うことになる。

【0020】

④第4ステップ

第3ステップで算出された波面収差量（ Δ ）に基づき、この波面収差量（ Δ ）を相殺し得る補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を算出する。

この補正波面収差量（ $-\Delta$ ）は、③の干渉縞画像と対応させるように表すとすれば、④の干渉縞画像に示されるように、③の干渉縞と対称な形状による、干渉縞の直線性からのズレ等となる。

【0021】

⑤第5ステップ

第4ステップで求めた補正波面収差量（ $-\Delta$ ）の波面収差が発生するように形状を最適化することで非球面レンズについての光学設計を行う。

この第5ステップにおける光学設計は上述した第1ステップと同様の手法を用いて行われる。すなわち、光学パラメータは少なくとも、各面についての上述した非球面式の要素C、k、 A_{2i} ($i=2 \sim 5$) およびレンズの厚さということになり、第1ステップと同様に、少なくとも合計で13個の光学パラメータが存在する。一方、ターゲットは、補正波面収差量（ $-\Delta$ ）が発生するような形状とされる。なお、この第5ステップにおいては、第1ステップにおいて用いた光学パラメ

ータに他の光学パラメータを加えて光学設計を行うことも可能である。

【0022】

このように多くの光学パラメータを有する場合には、最初のレンズ設計と同様の手法を用いることが、最終的に得られるレンズの光学性能を優れたものとする上で必須条件となる。

【0023】

⑥第6ステップ

第5ステップにおいて光学設計された非球面レンズの形状に対応する正規金型11を設計、製作し、この正規金型11によって非球面レンズの本成形を行い、正規のレンズ12を得る。

【0024】

⑦第7ステップ

本成形により得られた正規のレンズ12の透過波面を干渉計により測定し、該波面の基準値からのズレ量（波面収差量（ Δ ））を第3ステップと同様にして算出し、正規金型11の評価を行う。

このようにして得られた正規のレンズ12を、干渉計により測定すると、通常、⑦の干渉縞画像で示すように、直線性のよい縞が得られるはずであり、この場合には、金型も所望の光学特性を有するレンズを成形し得る正規の金型11であると判断することができる。

ただし、この正規のレンズ12の波面収差量（ Δ ）が所定の基準値より大きい場合には、再度第4ステップ以降の各ステップを順次行うことも可能である。

【0025】

このように、本実施形態においては、仮金型1により仮成形された仮のレンズ2の波面収差量（ Δ ）に基づき、この波面収差量（ Δ ）を相殺し得る補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を算出し、この補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を発生するようなレンズの光学設計を再度行うようにしているので、予期し得ない収差の発生に対しても良好に対応可能であって、最終的に、収差が極めて良好なレンズを成形し得る正規金型11を得ることができる。

【0026】

このような作用効果は、単に一部の光学パラメータに基づきテーブルを用いて金型の調整量を求める、というような手法によっては実質的に得ることが困難なものである。

【0027】

図2は、本実施形態方法の理解を容易とするためのフローチャートを示すものである。

すなわち、まず、波面収差量が0となるように形状を最適化することで所望の非球面レンズについての光学設計を行い（S1）、この光学設計の結果に基づいて金型（仮金型1）の設計および製作を行い（S2）、この金型（仮金型1）を用いて非球面レンズの成形（仮成形）を行い（S3）、さらに、得られた非球面レンズ（仮のレンズ2）の透過波面を干渉計を用いて測定してその波面収差量（ Δ ）を測定する（S4）。

【0028】

次に、測定された波面収差量（ Δ ）が所定の基準値より大きいか否かを判断し（S5）、波面収差量（ Δ ）が所定の基準値より大きいと判断されれば、この波面収差量（ Δ ）を相殺する補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を算出し（S6）、S1に戻る。

【0029】

S1では、最初の光学設計と同様の光学パラメータを用い、必要ならばさらに光学パラメータを加えて、波面収差量が補正波面収差量（ $-\Delta$ ）に一致するよう形状を最適化することで非球面レンズについての光学設計を行い（S1）、この光学設計の結果に基づいて金型（正規金型11）の設計、製作を行い（S2）、この金型（正規金型11）を用いて非球面レンズの成形（本成形）を行い（S3）、さらに、得られた非球面レンズ（正規のレンズ12）の透過波面を干渉計を用いて測定してその波面収差量（ Δ ）を測定する（S4）。

【0030】

この後、測定された波面収差量（ Δ ）が上述した所定の基準値より大きいか否かを判断し（S5）、波面収差量（ Δ ）が所定の基準値以内と判断されれば、製作された金型（正規金型11）を完成品とする（S7）。

【0031】

なお、第2回目のS5においても、波面収差量（ Δ ）が所定の基準値より大きいと判断されれば、この波面収差量（ Δ ）を相殺する補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を再度算出し（S6）、S1に戻り、以後の処理を繰り返して行う。

【0032】

また、逆に第1回目のS5において、波面収差量（ Δ ）が所定の基準値以内と判断されれば、製作された金型（仮金型1）を完成品とする（S7）。

【0033】

また、上述した実施形態方法においては、測定された波面収差量（ Δ ）に基づいて補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を算出し、この補正波面収差量（ $-\Delta$ ）を発生するような非球面レンズについての光学設計を行うようにしているが、測定された波面収差量（ Δ ）がトータルとして所望の値となっていても、図3（A）に示すように波面収差の傾向（曲がり具合）が単純な曲線によるものとは異なる場合には、図3（B）に示すように、その1つの波面内の、分割された複数範囲で各々波面収差量（ Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 …）を測定し、その複数の波面収差量（ Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 …）の各々に基づき、上述した実施形態で説明した各手続を行うようになることが好ましい。

【0034】

このようにすることで、トータルとしての波面収差量（ Δ ）は所望の値となつてはいるが、波面収差の傾向が単純な曲線によるものとは異なっているような場合においても、その波面収差の傾向に応じて、より性能の高い光学素子を成形し得る正規金型を得ることができる。

【0035】

なお、本発明の光学素子成形型設計方法においては、上述した実施形態のものに限られるものではなく、種々の態様の変更が可能である。例えば、上記実施形態においては、光ピックアップ対物レンズ用の両面非球面単レンズを成形する成形型に適用する場合について説明しているが、本発明方法としてはこれに限られるものではなく、ガラスやプラスチックよりなる種々のレンズを成形する成形型一般に適用することが可能である。

【0036】

また、成形型は、一般に複数の部分、例えば上型と下型とから構成されるが、一部の型のみに本発明を適用することが可能である。

【0037】

また、本発明による成形型は、プレス成形や射出成形等の種々の成形用の成形型に適用可能である。

【0038】**【発明の効果】**

以上に説明したように、本発明の光学素子成形型設計方法によれば、仮金型により成形された光学素子の波面収差量 (Δ) を測定し、この波面収差量 (Δ) を相殺し得る補正波面収差量 ($-\Delta$) を算出し、最初の光学設計と同様の手法により、この補正波面収差量 ($-\Delta$) を発生するように形状を最適化して光学素子の光学設計を再度行うようにし、これに基づいて正規金型の設計を行うようにしている。

【0039】

したがって、単に一部の光学パラメータに基づきテーブルを用いて金型の調整量を求める、というような従来技術とは異なり、予期し得ない収差の発生に対しても良好に対応可能であって、最終的に、収差が極めて良好な光学素子を成形し得る正規金型を得ることができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の実施形態に係る光学素子成形型設計方法の工程を説明するための図

【図2】

本発明の実施形態に係る光学素子成形型設計方法を要約的に説明するためのフローチャート

【図3】

図1に示す実施形態とは異なる実施形態を説明するための、干渉縞画像（A）およびその一部拡大図（B）

【図4】

成形型の形状と、成形型により成形された光学素子の形状の不一致の例を説明するための概念図

【図5】

成形型の形状と、成形型により成形された光学素子の形状の不一致の例を説明するための概念図

【図6】

従来の光学素子成形型設計方法の工程を説明するための図

【符号の説明】

- 1 仮金型
- 2 仮のレンズ
- 1 1 正規金型
- 1 2 正規のレンズ

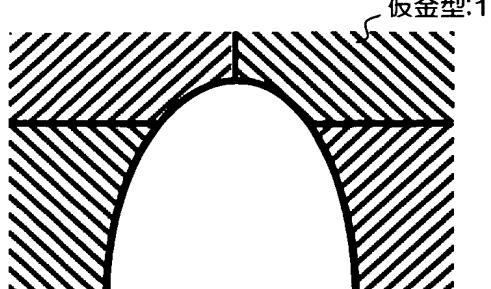
【書類名】 図面

【図1】

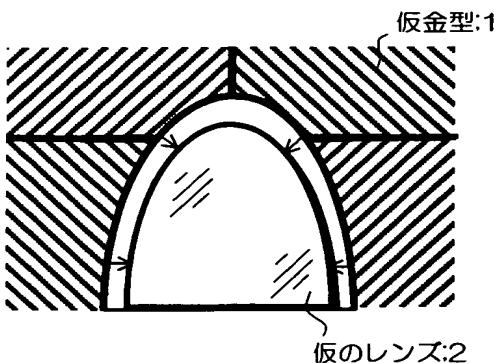
- ①波面収差量 Δ となるように
光学設計

- ②仮金型設計・製作

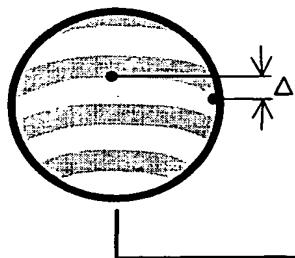
+仮成形（設計値）



- ③仮成形されたレンズの波面を
干渉計で測定し、該波面の基
準値からのズレ量（波面収差
量 Δ ）を算出する。

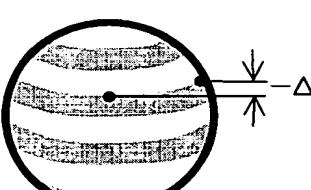


干渉縞



- ④算出された波面収差量(Δ)に
基づき、補正波面収差量(- Δ)
を算出する。

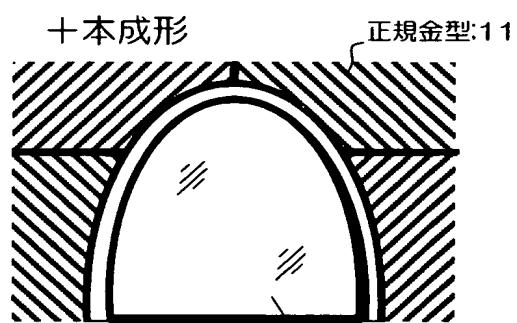
干渉縞



- ⑤補正波面収差量(- Δ)が
発生するようにレンズの
光学設計を行う。

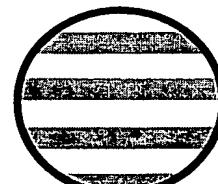
- ⑥正規金型設計・製作

+本成形

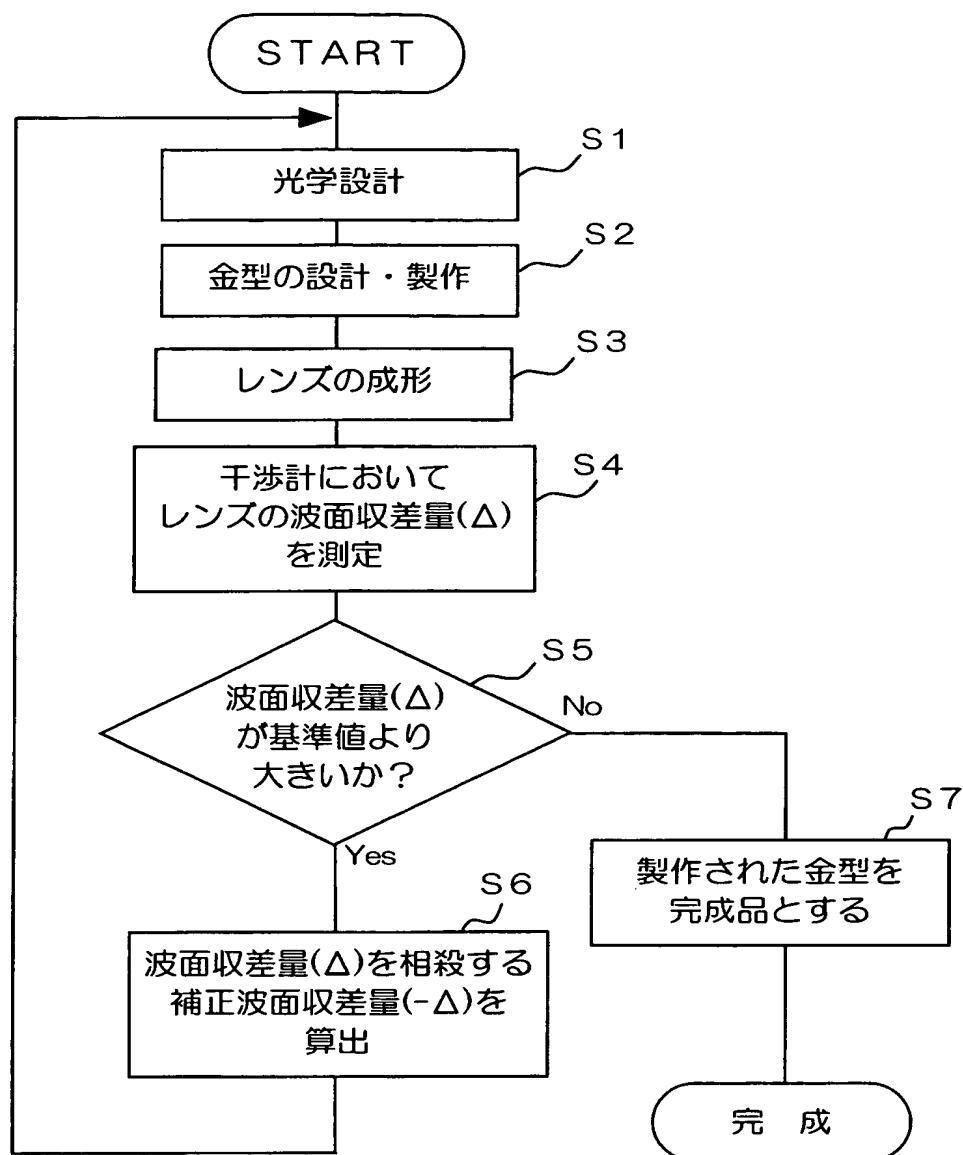


- ⑦本成形されたレンズの
波面を干渉計で測定する。

干渉縞

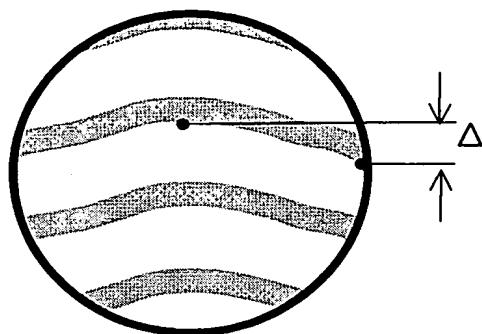


【図2】



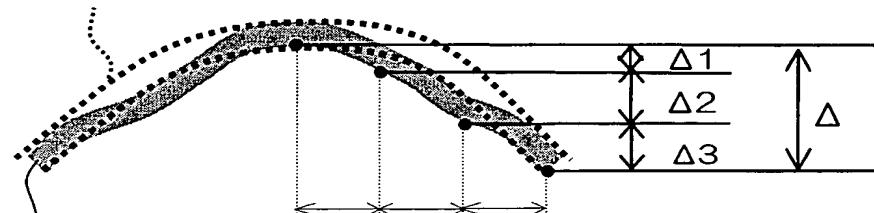
【図3】

干渉縞



(A)

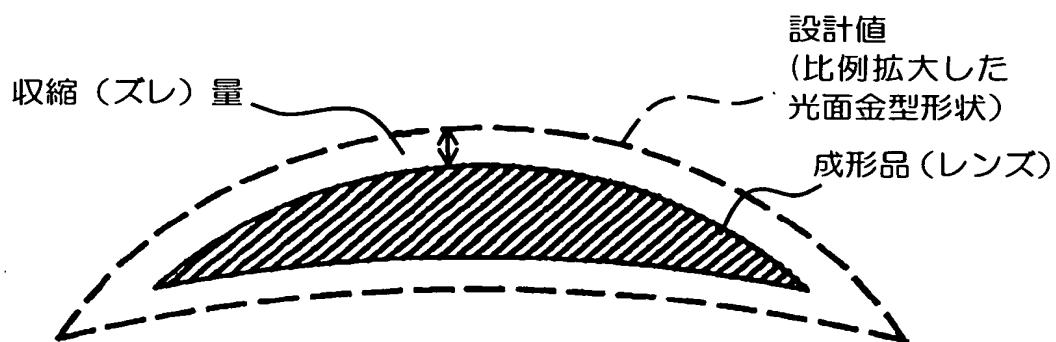
単純な曲線による波面形状



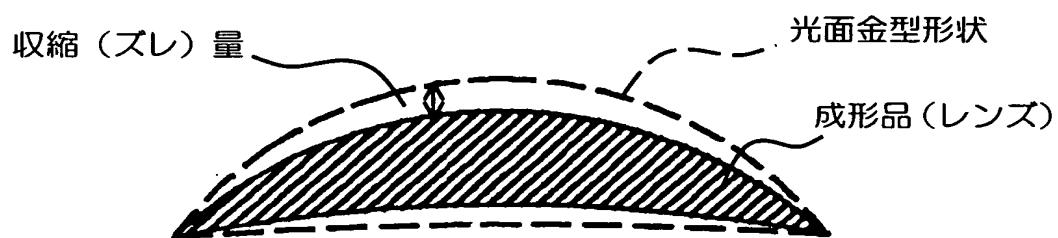
測定された波面形状

(B)

【図4】



【図5】



【図6】

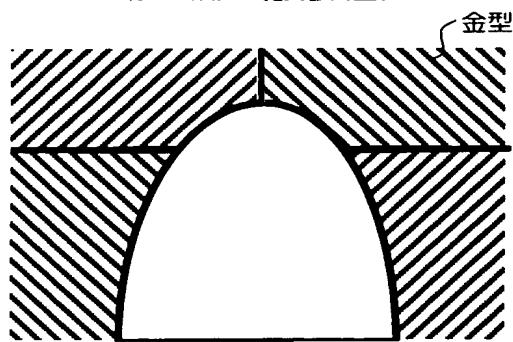
従来方法

①光学設計

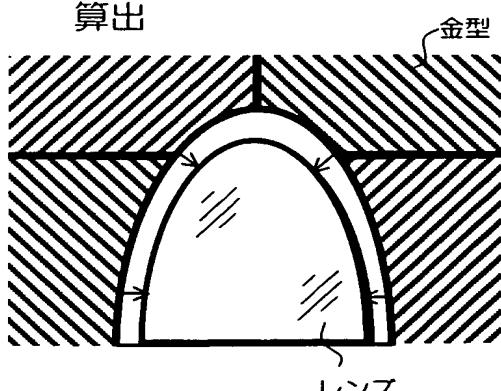


②仮金型製作

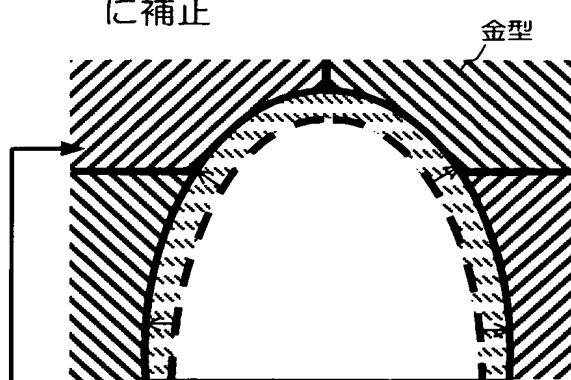
+仮成形（設計値）



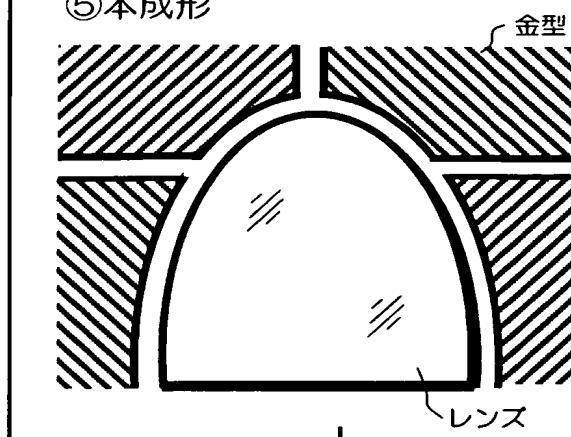
③仮成形された光学素子を
干渉計で測定し、光学性
能の基準からのズレ量を
算出



④算出されたズレ量に基づき
そのズレ量を見込んだ形状
に補正



⑤本成形



⑥干渉計で光学性能を確認

【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 仮金型により成形された光学素子の波面収差量を相殺する補正波面収差量を算出し、補正波面収差量を発生する形状を有する光学素子の光学設計を再度行い、これに基づき正規金型の設計を行うことで、予期し得ない収差の発生に対して対応可能とし、収差が良好な光学素子を成形し得る正規金型を得る。

【構成】 波面収差量0となるよう形状を最適化する所望レンズの光学設計を行って（S1）、仮金型の設計、製作を行い（S2）、仮金型で仮成形を行い（S3）、得られた第1の仮のレンズの波面収差量を測定する（S4）。波面収差量を基準値と比較し（S5）、波面収差量が大ならば、波面収差量を相殺する補正波面収差量を算出し（S6）、S1に戻り、先のS1と同様の手法で、補正波面収差量を有する形状の第2の仮のレンズを設計して（S1）、正規金型の設計、製作を行う（S2）。S5で基準値以内ならば、製作された金型を完成品とする（S7）。

【選択図】 図2

認定・付力口青幸及

特許出願の番号 特願2003-092651
受付番号 50300521555
書類名 特許願
担当官 第六担当上席 0095
作成日 平成15年 4月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 3月28日

次頁無

出証特2004-3007744

特願 2003-092651

出願人履歴情報

識別番号 [000005430]

1. 変更年月日 2001年 5月 1日
[変更理由] 住所変更
住 所 埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地
氏 名 富士写真光機株式会社
2. 変更年月日 2003年 4月 1日
[変更理由] 住所変更
住 所 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地
氏 名 富士写真光機株式会社